

RANCANG BANGUN PEMANTAUAN KUALITAS UDARA PADA TAMAN WILAYAH MELALUI WEBSITE BERBASIS ARDUINO MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY

Hanna Febryna Simorangkir
Teknik Informatika, Institut Teknologi Nasional Malang
hannafsimorangkir96@gmail.com

ABSTRAK

Taman Wilayah merupakan bagian dari Ruang Terbuka Hijau (RTH) yang berada pada ruang lingkup tertentu serta memiliki batasan area. Seiring banyaknya wisatawan yang berdatangan tak jarang taman wilayah yang letaknya ditengah kota terus dikelilingi oleh asap-asap dari kendaraan bermotor maupun perindustrian yang mengandung gas-gas berbahaya seperti CO (Karbon Monoksida) dan NO₂ (Nitrogen Dioksida) sehingga menyebabkan pencemaran udara yang mencemari taman wilayah dan berdampak pada kesehatan masyarakat

Fuzzy Logic adalah sebuah metodologi “berhitung” dengan variabel kata-kata (linguistic variable), sebagai pengganti berhitung dengan bilangan. Dengan fuzzy logic, sistem kepakaran manusia bisa diimplementasikan penentuan kualitas udara pada taman wilayah ke dalam bahasa mesin secara mudah dan efisien.

Pada penelitian ini, pemantauan udara dapat dipantau melalui website yang menggunakan automatic monitoring system dengan membangun rangkaian hardware yang terdiri dari Arduino Uno R3 sebagai unit pusat kontrol, sensor MQ-7 yang berfungsi untuk mengukur kadar gas CO (Karbon Monoksida), sensor MQ-135 untuk mengukur kadar gas NO₂ (Nitrogen Dioksida), serta sebuah website monitoring sebagai hasil keluaran untuk mengetahui kualitas udara pada taman wilayah tersebut. Hasil pengujian yang dilakukan dari kedua sensor tersebut yaitu prosentase error sensor MQ-7 sebesar 4.021% dan sensor MQ-135 sebesar 8.1% sehingga prosentase error data masukan pemantau kualitas udara sebesar 6.06% dapat dikatakan pemantauan kualitas udara ini cukup akurat karena simpangan error masih cukup rendah.

Kata kunci : pemantauan udara, taman wilayah, MQ-7, MQ-135

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Taman Wilayah merupakan bagian dari Ruang Terbuka Hijau (RTH) yang berada pada ruang lingkup tertentu serta memiliki batasan *area*. Ruang terbuka hijau berfungsi sebagai hutan kota dan taman kota (Widiastuti, K, 2013).

Banyaknya wisatawan yang berdatangan, taman wilayah yang letaknya ditengah kota terus dikelilingi oleh asap-asap dari kendaraan bermotor maupun perindustrian yang mengandung gas-gas berbahaya seperti CO (Karbon Monoksida) dan NO₂ (Nitrogen Dioksida) sehingga menyebabkan pencemaran udara yang mencemari taman wilayah dan berdampak pada kesehatan masyarakat.

Dalam laporan World Health Organization atau WHO diperkirakan bahwa sekurangnya satu jenis pencemaran udara di kota-kota besar yang terdapat di Indonesia telah melebihi ambang batas toleransi pencemaran udara. Meningkatnya jumlah kendaraan dari tahun ke tahun, gas buang yang ditimbulkan dari kendaraan bermotor tersebut menimbulkan polusi udara sebesar 70% sampai 80%, sedangkan pencemaran udara akibat industri hanya 20% sampai 30% (Budiraharjo, 1991).

Untuk menentukan kualitas udara harus dipantau dan diamati guna mencegah pencemaran

udara. Jika pemantauan hanya dilakukan beberapa kali dalam seminggu atau waktu tertentu maka tidak efektif dan harus dilakukan secara berulang agar mendapatkan hasil prosentase udara yang maksimal.

Stasiun pemantauan udara sangat diperlukan pada taman wilayah guna untuk memantau kualitas udara sekitar taman wilayah tersebut. Seperti pada penelitian ini, pemantauan udara dapat dipantau melalui website yang menggunakan *automatic monitoring system* dengan membangun rangkaian *hardware* yang terdiri dari *Arduino Uno R3* sebagai unit pusat kontrol, sensor *MQ-7* yang berfungsi untuk mengukur kadar gas CO (Karbon Monoksida), sensor *MQ-135* untuk mengukur kadar gas NO₂ (Nitrogen Dioksida), serta sebuah website *monitoring* sebagai hasil keluaran untuk mengetahui kualitas udara pada taman wilayah tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan, dapat dirumuskan permasalahan yang akan dibahas sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membangun *hardware* dan *software* yang berintegrasi mampu mendeteksi kualitas udara gas Karbon monoksida dan Nitrogen dioksida?

2. Bagaimana merancang dan membangun situs *web* untuk taman wilayah yang dapat menginformasikan kualitas udara kepada Dinas Kebersihan dan Pertamanan serta masyarakat umum?
3. Bagaimana menerapkan Logika Fuzzy Sugeno untuk menentukan kualitas udara pada taman wilayah?

1.3. Batasan Masalah

Agar permasalahan tidak berkembang luas, adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi kasus yang dilaksanakan pada penelitian ini dilakukan di Taman Wilayah Alun-Alun Kota Malang mengingat letaknya di daerah industri perdagangan dan jalan raya yang rawan tercemar udara.
2. Gas polutan yang mampu terpantau pada penelitian ini yaitu Karbon monoksida(CO) dan Nitrogen dioksida(NO₂).
3. Spesifikasi papan kontrol yang digunakan yaitu *Arduino Uno R3*.
4. Spesifikasi *module* pendukung pemantauan kualitas udara menggunakan sensor *MQ-7* untuk mendeteksi gas CO dan *MQ-135* untuk mendeteksi gas NO₂.
5. Sistem ini dibangun dengan menggunakan bahasa pemrograman C pada alat dan bahasa pemrograman PHP pada *website* dan manajemen *database* menggunakan *MySQL*.
6. Logika Fuzzy yang digunakan dalam menentukan kualitas udara adalah Logika Fuzzy Sugeno.

1.4. Tujuan

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah dikemukakan. Adapun tujuan dari penelitian yang hendak dicapai berdasarkan perumusan masalah yang telah dikemukakan.

1. Merancang dan membangun perangkat keras terintegrasi yang mampu mendeteksi dan memantau kualitas udara melalui *website*.
2. Mampu menerapkan *automatic monitoring system* yang mampu mengolah informasi bagi Dinas Kebersihan dan Pertamanan serta pengguna *website* berdasarkan pengukuran sensor.
3. Mampu mengimplementasikan Logika Fuzzy Sugeno dalam menentukan kualitas udara.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pencemaran Udara

Pencemaran udara adalah masuknya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke udara dan atau berubahnya tatanan udara oleh kegiatan

manusia atau proses alam sehingga kualitas udara turun hingga ke tertentu yang menyebabkan udara menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya.

Pencemaran udara mempunyai kepentingan ekonomi, informasi yang tepat mengenai tingkat gas fitotoksik dalam atmosfer yang tercemar masih kurang. Pada suatu tempat tertentu, konsentrasi akan tergantung atas sejumlah besar faktor-faktor lingkungan termasuk jarak dari sumber pencemar, topografi, *altitude* (ketinggian dari permukaan laut), pencemar udara, hujan, radiasi matahari, serta arah dan kecepatan angin (Siregar E.B.M, 2005).

Sumber pencemaran udara yang utama berasal dari transportasi terutama kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar yang mengandung zat pencemar, 60% dari pencemar yang dihasilkan terdiri dari karbon monoksida dan sekitarnya 15% terdiri dari hidrokarbon (Fardiaz, 1992).

2.2. ISPU

ISPU (Indeks Standar Pengukuran Udara) ditetapkan berdasarkan 5 pencemar utama, yaitu : karbon monoksida (CO), sulfur dioksida (SO₂), nitrogen dioksida (NO₂), ozon permukaan (O₃), dan partikel debu (PM₁₀). Di Indonesia ISPU diatur berdasarkan Keputusan Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (Bapedal) Nomor KEP-107/KABAPEDAL/11/1997.

Tabel 2.1 Angka dan Kategori Index Standar Pencemar Udara (ISPU) dan Dampak Kesehatan

Rentang	Kategori	Penjelasan
1 - 50	Baik	Tingkat kualitas udara yang tidak memberikan efek bagi kesehatan manusia atau hewan dan tidak berpengaruh pada tumbuhan, bangunan, atau nilai estetika
51 – 100	Sedang	Tingkat kualitas udara yang tidak berpengaruh pada kesehatan manusia ataupun hewan tetapi berpengaruh pada tumbuhan yang sensitif, dan nilai estetika
101 - 199	Tidak Sehat	Tingkat kualitas udara yang bersifat merugikan pada manusia ataupun kelompok hewan yang sensitif atau bisa menimbulkan kerusakan pada tumbuhan ataupun nilai estetika
200 - 299	Sangat Tidak Sehat	Tingkat kualitas udara yang dapat merugikan kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar
300 - Lebih	Berbahaya	Tingkat kualitas udara berbahaya yang secara umum dapat merugikan kesehatan yang serius

2.3. Batas ISPU Dalam Satuan SI

Batas ISPU dalam satuan standar internasional adalah tetapan yang sudah ditentukan dan mutlak dalam perbandingan antara ISPU dengan satuan standar internasional yaitu *part per million (ppm)* atau bagian per sejuta. Parameter – parameter pencemar udara umumnya dinyatakan dengan satuan *part per million (ppm)* atau bagian per sejuta dengan rentang satuan pencemar udara CO dan NO₂ berdasarkan ISPU dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Batas ISPU dalam Satuan SI

ISPU	PM ₁₀ (ppm)	SO ₂ (ppm)	CO (ppm)	O ₃ (ppm)	NO ₂ (ppm)
50	50	80	40	120	0
100	150	365	80	235	0.65
200	350	800	136	400	1.13
300	420	1600	272	800	2.26
400	500	2100	368	1000	3
500	600	2620	460	1200	3.75

Dalam menentukan ISPU dalam skala satuan internasional dapat dinyatakan dengan konsentrasi nyata ambien (ppm) ke ISPU disesuaikan dengan batasan ISPU (Analya, 2003). Dalam satuan SI seperti pada Tabel 2.2 menggunakan perhitungan:

$$I = \frac{Ia - Ib}{Xa - Xb} (Xx - Xb) + Ib$$

Dimana:

I :ISPU Terhitung

Ia :ISPU Batas Atas

Ib :ISPU Batas Bawah

Xa :Ambien Batas Atas

Xb :Ambien Batas Bawah

Xx :Kadar Ambien Hasil Ukur

2.4. Taman Wilayah

Taman Wilayah merupakan bagian dari RuangTerbuka Hijau (RTH) yang berada pada ruang lingkup tertentu serta memiliki batasan *area*. Ruang terbuka hijau berfungsi sebagai hutan kota dan taman kota (Widiastuti, K, 2013). Didalam penataan ruang kota pengembangan taman kota harus menjadi komponen penting pada pola ruang lingkungan hidup. Tidak adanya taman wilayah yang memadai untuk beraktifitas menyebabkan banyak masyarakat yang memanfaatkan fasilitas umum tidak pada tempatnya.

2.5. Sensor MQ-7

Sensor gas MQ-7 adalah jenis sensor kimia yang sensitif terhadap senyawa asap Karbon Monoksida (CO). Sensor ini bekerja dengan cara menerima perubahan nilai resistansi (analog) bila terkena gas. Sensor ini mempunyai sensitivitas yang tinggi terhadap karbon monoksida (CO), stabil, dan berumur

panjang. Bentuk fisik sensor MQ-7 dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Bentuk Fisik Sensor MQ-7

2.6. Sensor MQ-135

Sensor gas MQ-135 adalah jenis sensor kimia yang sensitif terhadap senyawa nitrogen oksida (NO_x). Sensor ini bekerja dengan cara menerima perubahan nilai resistansi (analog) bila terkena gas. Sensor ini memiliki daya tahan yang baik untuk penggunaan penanda bahaya polusi karena praktis dan tidak memakan daya yang besar. Bentuk fisik sensor MQ-135 dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Bentuk Fisik Sensor MQ-135

2.7. Modul GSM SIM900A

Modul GSM SIM900A adalah modul komponen pendukung pada sistem tertanam yang digunakan untuk mengirim atau menerima pesan dan membuat atau menerima panggilan seperti alat komunikasi telepon yang menggunakan SIM card dari penyedia jaringan selular. Beberapa fitur yang didukung adalah fitur suara, SMS, Data/Fax, GPRS dan terintegrasi dengan TCP/IP.

Untuk menggunakan SIM900A pertama kali modul GSM ini dihubungkan dengan *board* mikrokontroler dan dihubungkan kembali ke komputer atau laptop.

Untuk program modul ini, hanya dibutuhkan 2 pin yaitu pin RX dan TX yang digunakan sebagai inti yang kemudian dihubungkan secara silang terhadap mikrokontroler, dimana pin RX terhubung dengan pin TX pada mikrokontroler, sedangkan pin TX terhubung dengan pin RX pada mikrokontroler.

2.8. Logika Fuzzy

Dasar Logika fuzzy adalah teori himpunan fuzzy. Pada teori himpunan fuzzy, peranan derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan sangatlah penting. Ciri utamadari penalaran fuzzy adalah nilai derajat keanggotaan fuzzy. Dalam logika fuzzy terdapat beberapa tahapan operasional yang meliputi:

1. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah suatu proses pengubahan nilai tegas yang ada ke dalam fungsi keanggotaan.

2. Penalaran (Inference Machine)

Mesin penalaran adalah proses implikasi dalam menalar nilai masukan guna penentuan nilai keluaran sebagai bentuk pengambilan keputusan. Salah satu model penalaran yang banyak dipakai adalah penalaran *maxmin*. Dalam penalaran ini, proses pertama yang dilakukan adalah melakukan operasi *min* sinyal keluaran lapisan fuzzifikasi, yang diteruskan dengan operasi *max* untuk mencari nilai keluaran yang selanjutnya akan defuzzifikasikan sebagai bentuk keluaran.

3. Aturan Dasar (Rule Based)

Aturan dasar (*rule based*) pada control logika fuzzy merupakan suatu bentuk aturan relasi “Jika-Maka” atau “*if-then*” seperti berikut ini: *if x is A then y is B* dimana A dan B adalah *linguistic values* yang didefinisikan dalam rentang variabel X dan Y. Pernyataan “*x is A*” disebut *antecedent* atau premis. Pernyataan “*y is B*” disebut *consequent* atau kesimpulan.

4. Defuzzifikasi

Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan fuzzy dalam *range* tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu.

2.9. Logika Fuzzy Sugeno

Keluaran sistem pada metode sugeno berupa konstanta atau persamaan linear. Metode ini diperkenalkan oleh Takagi-Sugeno Kang pada tahun 1985. Secara umum bentuk model fuzzy SUGENO Orde-Satu adalah:

$$\text{IF } (x_1 \text{ is } A_1) \cdot \dots \cdot (x_N \text{ is } A_N) \text{ THEN } z = p_1 \cdot x_1 + \dots + p_N \cdot x_N + q$$

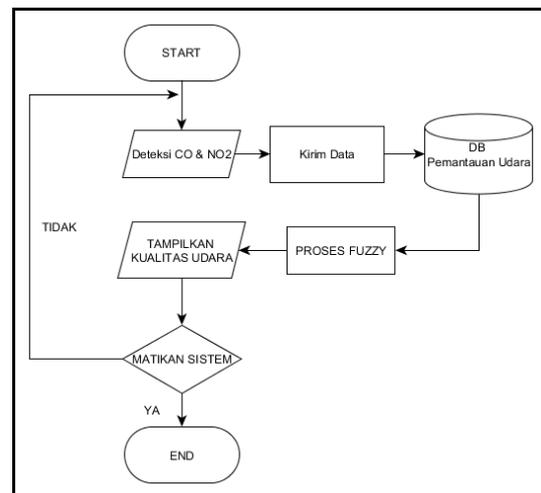
dengan A_i adalah himpunan fuzzy ke- i sebagai anteseden, dan p_i adalah suatu konstanta (tegas) ke- i

dan q juga merupakan konstanta dalam konsekuen. Apabila komposisi aturan menggunakan metode SUGENO, maka defuzzifikasi dilakukan dengan cara mencari nilai rata-ratanya (Kusumadewi 2010).

3. METODE PENELITIAN

3.1. Flowchart Sistem

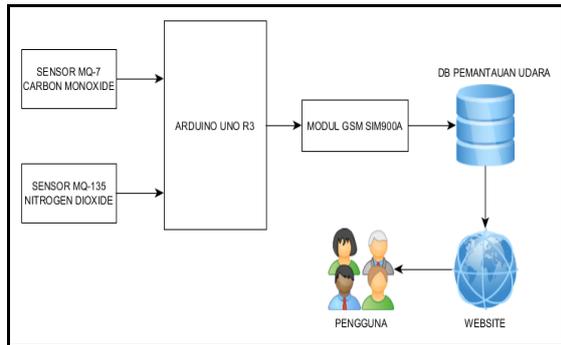
Pada Gambar 3.1 menggambarkan alur kerja dari sistem pemantauan kualitas udara pada taman wilayah melalui website menggunakan logika fuzzy. Cara sistem ini dimulai dari input sensor MQ-7 yang mendeteksi gas CO dan sensor MQ-135 yang mendeteksi gas NO₂ pada taman wilayah. Data hasil pengukuran kemudian disimpan pada basis data dan data pemantauan dilakukan proses fuzzy pada website untuk menentukan kualitas udara pada taman wilayah. Jika sistem atau alat pendeteksi udara dimatikan maka seluruh sistem berakhir namun jika tidak sistem akan terus mengulang mendeteksi udara.



Gambar 3.1 Flowchart Sistem

3.2. Diagram Blok Sistem

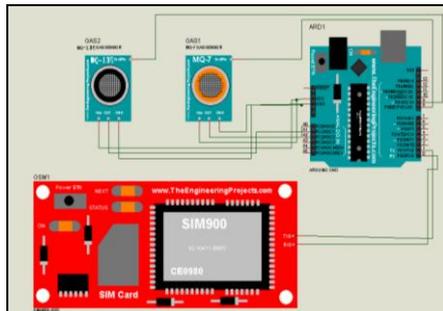
Pada diagram blok sistem, website pemantauan kualitas udara pada taman wilayah data kualitas udara (CO dan NO₂) didapat dengan menggunakan sensor kimia MQ-7 untuk mendeteksi gas CO dan MQ-135 untuk mendeteksi gas NO₂ yang dihubungkan dengan papan kendali Arduino Uno R3. Hasil pengukuran kualitas udara akan dipantau dan ditampilkan pada website setiap 10 menit kemudian disimpan ke dalam basis data. Untuk menghubungkan papan kendali dengan website dibutuhkan sebuah alat yaitu modul GSM SIM900A sebagai media komunikasi data. Kebutuhan sistem tersebut sesuai dengan blok diagram pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem

3.3. Skema Rangkaian Alat

Skema rangkaian alat merupakan gambaran dari model alat yang akan dibuat. Skema rangkaian keseluruhan alat pemantau kualitas udara pada taman wilayah terdiri dari Arduino Uno R3 sebagai pusat kendali, sensor MQ-7 untuk mendeteksi gas CO, sensor MQ-135 untuk mendeteksi gas NO₂ dan modul GSM SIM900A sebagai media komunikasi data antara *hardware* dan *software*. Skema rangkaian alat pemantau kualitas udara dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Skema Rangkaian Alat

Alokasi konfigurasi dan penggunaan pin pada rangkaian alat ditunjukkan pada Tabel 3.1 sebagai berikut:

Tabel 3.1 Tabel Konfigurasi Pin Rangkaian Alat

Arduino Uno R3	Perangkat Lain
	Sensor MQ-7
+5V	VCC
A0	AD
8	DA
Ground	Ground
	Sensor MQ-135
+5V	VCC
A1	AD
9	DA
Ground	Ground
	Modul GSM SIM900A
Ground	Ground
Power Key	+5V
+5V	+5V
TX	RX
RX	TX

3.4. Variabel dan Fungsi Keanggotaan

Untuk menentukan kualitas udara, diperlukan kombinasi kriteria dari 2 variabel *input* yaitu CO, NO₂ dan 1 variabel *output* yaitu Kualitas. Deskripsi variabel serta fungsi keanggotaan pada Tabel 3.2 sebagai berikut:

Tabel 3.2 Variabel dan Fungsi Keanggotaan

Input Output	Fungsi Keanggotaan	Range
Karbon Monoksida (CO)	Baik	< 51
	Sedang	51 - 100
	Tidak Sehat	101 - 199
	Sangat Tidak Sehat	200 - 299
	Berbahaya	> 299
Nitrogen Dioksida (NO ₂)	Baik	< 51
	Sedang	51 - 100
	Tidak Sehat	101 - 199
Input Output	Fungsi Keanggotaan	Range
	Sangat Tidak Sehat	200 - 299
	Berbahaya	> 299
Kualitas Udara	Baik	< 51
	Sedang	51 - 100
	Tidak Sehat	101 - 199
	Sangat Tidak Sehat	200 - 299
	Berbahaya	> 299

(Sumber : BLH Kota Malang)

3.5. Aturan Dasar

Adapun atau aturan dasar sebanyak 25 *rule* pada setiap variable *input* dan *output* adalah pada Tabel 3.3 sebagai berikut:

Tabel 3.3 Aturan Dasar Penentu Kualitas Udara

IF	CO	AND	NO ₂	THEN	KUALITAS UDARA
IF	B	AND	B	THEN	B
IF	B	AND	S	THEN	(B + S) / 2
IF	B	AND	TS	THEN	(B + TS) / 2
IF	B	AND	STS	THEN	(B + STS) / 2
IF	B	AND	HD	THEN	(B + HD) / 2
IF	S	AND	B	THEN	(S + B) / 2
IF	S	AND	S	THEN	S
IF	S	AND	TS	THEN	(S + TS) / 2
IF	S	AND	STS	THEN	(S + STS) / 2
IF	S	AND	HD	THEN	(S + HD) / 2
IF	TS	AND	B	THEN	(TS + B) / 2
IF	TS	AND	S	THEN	(TS + S) / 2
IF	TS	AND	TS	THEN	TS
IF	TS	AND	STS	THEN	(TS + STS) / 2
IF	TS	AND	HD	THEN	(TS + HD) / 2
IF	STS	AND	B	THEN	(STS + B) / 2
IF	STS	AND	S	THEN	(STS + S) / 2
IF	STS	AND	TS	THEN	(STS + TS) / 2
IF	STS	AND	STS	THEN	STS
IF	STS	AND	HD	THEN	(STS + HD) / 2
IF	HD	AND	B	THEN	(HD + B) / 2
IF	HD	AND	S	THEN	(HD + S) / 2
IF	HD	AND	TS	THEN	(HD + TS) / 2
IF	HD	AND	STS	THEN	(HD + STS) / 2
IF	HD	AND	HD	THEN	HD

(Sumber : BLH Kota Malang)

Keterangan:

B : Baik

S : Sedang

TS : Tidak Sehat

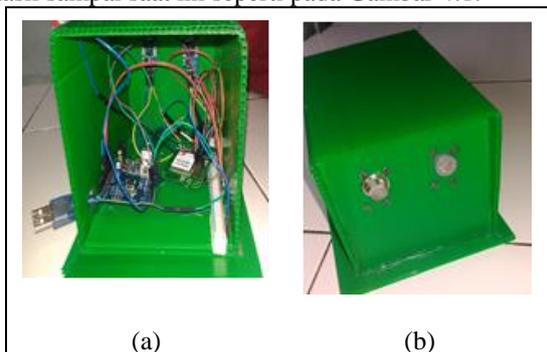
STS : Sangat Tidak Sehat

HD : Hazardous (Berbahaya)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Implementasi Hardware

Hasil rangkaian *hardware* alat pemantau udara hasil sampai saat ini seperti pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Hasil Rangkaian Hardware

4.2. Hasil Implementasi Software

1. Halaman Beranda

Halaman beranda seperti pada Gambar 4.2 digunakan untuk menampilkan hasil pemantauan udara dari kedua gas polutan (CO dan NO₂) secara berkala yakni selang waktu 10 menit.



Gambar 4.2 Halaman Beranda

2. Halaman Grafik Perubahan



Gambar 4.3 Halaman Grafik Perubahan

Grafik Perubahan merupakan halaman website berfungsi untuk menampilkan grafik garis berubah setiap waktu tertentu (harian, bulanan, tahunan) seperti pada Gambar 4.3.

3. Halaman Laporan

Halaman Laporan merupakan halaman untuk menampilkan laporan hasil pemantauan udara berdasarkan hari, bulan, tahun atau tanggal nantinya berupa hasil *print out* tertentu seperti pada Gambar 4.4



Gambar 4.4 Halaman Laporan

4. Halaman Informasi

Informasi merupakan halaman untuk menampilkan informasi tentang Alun-Alun Kota Malang, Karbon monoksida dan nitrogen dioksida serta informasi Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Malang seperti pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Halaman Informasi

4.3. Pengujian Hardware

Pengujian hardware dilakukan dengan membandingkan kadar gas yang ditampilkan dan kadar gas yang diperoleh alat gas analyzer STARGAS 898. Kadar gas tertampil didapatkan dari data keluaran yang ditampilkan pada website pemantauan kualitas udara. Berikut pengujian nilai ADC sensor MQ-7 dan MQ-135:

4.4. Pengujian Nilai ADC Sensor MQ-7

Pengujian pembacaan nilai ADC MQ-7 dilakukan dengan cara membandingkan kadar gas yang ditampilkan dengan kadar gas yang diperoleh melalui perhitungan rumus. Pengujian nilai ADC sensor MQ-7 terdapat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Pengujian Nilai ADC Sensor MQ-7

No	Menit ke	Tegangan (V)	CO(ppm)		Selisih	Kesalahan(%)
			Stargas 898	MQ-7		
1	10	1.88	18.2	19.5	1.3	7.14%
2	20	1.91	20.11	22.05	1.94	9.65%
3	30	1.96	24.5	25.12	0.62	2.53%
4	40	1.99	26.5	27.24	0.74	2.79%
5	50	2.11	35.5	37.98	2.48	6.99%
6	60	2.19	41.35	41.8	0.45	1.09%
7	70	2.22	44.3	44.35	0.05	0.11%
8	80	2.28	48	48.71	0.71	1.48%
9	90	2.32	55.2	50.72	4.48	8.12%
10	100	2.34	55	54.83	0.17	0.31%
Rata - Rata Kesalahan						4.021%

Pada Tabel 4.1 pengujian sensor MQ-7 yang telah dilakukan diperoleh hasil yaitu nilai prosentase kesalahan tertinggi yaitu 9.65% pada menit ke 20 dan prosentase kesalahan terendah yaitu 0.11% pada menit ke 70 dan rata-rata kesalahan sebesar 4.021%.

4.5. Pengujian Nilai ADC Sensor MQ-135

Pengujian pembacaan nilai ADC MQ-135 dilakukan dengan cara membandingkan kadar gas yang ditampilkan dengan kadar gas yang diperoleh melalui perhitungan rumus. Pengujian nilai ADC sensor MQ-135 terdapat pada Tabel 4.2.

Pada Tabel 4.2 pengujian sensor MQ-135 yang telah dilakukan diperoleh hasil yaitu nilai prosentase kesalahan tertinggi yaitu 14% pada menit ke 20 dan prosentase kesalahan terendah yaitu 2% pada menit ke 30 dan rata-rata kesalahan sebesar 8.1%.

Tabel 4.2 Pengujian Nilai ADC Sensor MQ-135

No	Menit ke	Tegangan (V)	NO2 (ppm)		Selisih	Kesalahan (%)
			Stargas 898	MQ-135		
1	10	2.11	0.16	0.145	0.015	9%
2	20	2.09	1	0.86	0.14	14%
3	30	1.78	1	0.98	0.02	2%
4	40	1.64	1.22	1.32	0.1	8%
5	50	1.26	1.1	1.02	0.08	7%
6	60	1.04	1.45	1.31	0.14	10%
7	70	0.81	4.55	4.08	0.47	10%
8	80	0.79	5.02	4.88	0.14	3%
9	90	0.65	2.1	1.92	0.18	9%
10	100	0.57	2.5	2.27	0.23	9%
Rata-Rata Kesalahan						8.1%

4.6. Pengujian Software

Pengujian software pada penelitian ini dengan dilakukannya pengujian komparabilitas website terhadap web browser bertujuan untuk mengetahui apakah halaman website yang dibuat dapat menampilkan keseluruhan data sesuai dengan perancangan tidak hanya satu web browser yang sering digunakan pada umumnya. Hasil uji coba komparabilitas website terhadap web browser seperti ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Pada tahap pengujian komparabilitas website terhadap web browser 98% berjalan pada ketiga web browser. Namun pada halaman grafik perubahan, grafik tidak dapat muncul pada Internet Explorer namun pada pengujian web browser lainnya dapat tampil dengan semestinya.

Tabel 4.2 Pengujian Komparabilitas Software terhadap Web Browser

No	Aspek Pengujian	Mozilla Firefox versi 33.0.1	Internet Explorer Windows 8.1	Google Chrome versi 54.0
1.	Menampilkan informasi CO, NO2 dan kualitas udara sekarang	✓	✓	✓
2	Menampilkan letak Alun-Alun Kota Malang berupa Maps	✓	✓	✓
3	Menampilkan Grafik Perubahan CO, NO2 dan kualitas udara sekarang	✓	x	✓
4	Menampilkan Grafik Perubahan	✓	x	✓

	tanggal tertentu			
5	Menampilkan Laporan CO, NO2 dan kualitas udara sekarang	✓	✓	✓
6	Menampilkan Laporan berdasarkan tanggal tertentu	✓	✓	✓
7	Menampilkan Laporan dalam bentuk PDF file	✓	✓	✓
8	Menampilkan halaman informasi Alun-Alun Kota Malang	✓	✓	✓
9	Menampilkan halaman Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Malang	✓	✓	✓
10	Menampilkan halaman Karbon Monoksida	✓	✓	✓
11	Menampilkan halaman Nitrogen Dioksida	✓	✓	✓

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dengan adanya penelitian ini, maka didapatkan beberapa kesimpulan yaitu:

1. Sistem yang dibuat merupakan system pemantauan udara pada taman wilayah yang dapat diakses melalui website.
2. Penggunaan website pemantauan kualitas udara ini bersifat *automatic system* dimana semua proses I/O dilakukan oleh komponen alat pemantau (*embedded system*) dan pengolahan penentuan kualitas udara oleh website sendiri sehingga pengguna dapat menggunakan website secara praktis.
3. Pada pengujian sensor MQ-7 diperoleh hasil prosentase kesalahan tertinggi yaitu 9.65% dan prosentase kesalahan terendah yaitu 0.11% dan rata-rata kesalahan sebesar 4.021%.
4. Pada pengujian sensor MQ-135 diperoleh hasil prosentase kesalahan tertinggi yaitu 14% dan prosentase kesalahan terendah yaitu 2% dan rata-rata kesalahan sebesar 8.1%.

5. Pada tahap pengujian komparabilitas website menggunakan 3 *browser* yaitu Mozilla Firefox 33.0.1, Internet Explorer Windows 8.1 dan Google Chrome 54.0 dengan prosentase komparabilitas 98% berjalan sesuai perancangan.

5.2. Saran

Website pemantauan kualitas udara ini masih memiliki kekurangan sehingga dapat dikembangkan agar menjadi lebih baik lagi. Untuk pengembangan lebih lanjut adapun beberapa saran:

1. Pemantauan udara dapat ditambah beberapa taman wilayah lain jadi tidak hanya menampilkan informasi udara 1 taman Pwilayah namun banyak taman wilayah.
2. Perlu ditambahkan notifikasi *sms gateway* kepada instansi terkait yang mengelola taman wilayah apabila udara di taman wilayah tersebut kondisi berbahaya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Analya, D. and Nofal, M., PENGHITUNGAN INDEKS STANDAR PENCEMAR UDARA (ISPU) KOTA MEDAN, PONTIANAK, DAN SEMARANG TAHUN 2003 CALCULATION OF AIR POLLUTANT STANDARD INDEX IN MEDAN, PONTIANAK, AND SEMARANG 2003.
- [2] Budiraharjo, H., 1991. Pencemaran Udara di DKI Jakarta Paru.
- [3] Hidup, K.N.L., 2007. Analisis Potensi Rawan Bencana alam di Papua dan Maluku (Tanah Longsor-Banjir-Gempa Bumi-Tsunami). *Laporan Akhir. Jakarta: Depusi Bidang Pembinaan Sarana Teknis dan Peningkatan Kapasitas.*
- [4] Kusumadewi, S., Purnomo, H, 2010. Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [5] Siregar, E.B.M., 2005. Pencemaran Udara, Respon Tanaman, dan Pengaruhnya pada Manusia. *Fakultas Pertanian Program Studi Kehutanan Universitas Sumatera Utara. Medan.*
- [6] Widiastuti, K., 2013. TAMAN KOTA DAN JALUR HIJAU JALAN SEBAGAI RUANG TERBUKA HIJAU PUBLIK DI BANJARBARU. *MODUL, 13(2).*